

TRATAMENTO E APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR VISANDO A REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Aline Kelly Pomini de Souza¹; Carla Rosane Kosmann¹; Carlos Dettmer¹; Marcelo Ângelo Campagnolo² e Affonso Celso Gonçalves Jr¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Centro de Ciências Agrárias, Campus de Marechal Cândido Rondon, Rua Pernambuco nº 1777, CEP: 85960-000, Centro, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: alinepomini@hotmail.com, carlakosmann@hotmail.com, dettmer21@gmail.com, affoso1333@hotmail.com.

²Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR, Curso de Engenharia Ambiental, Campus de Toledo, Avenida União, nº 500, CEP: 58902-532, Jardim Coopagro, Toledo, PR. E-mail: marcelo.campagnolo@pucpr.br.

RESUMO: Esta revisão busca caracterizar os resíduos provenientes do processamento da cana-de-açúcar (Sacharum officinarum L.), a qual é produzida em grande escala nas áreas agricultáveis brasileiras. Além disso, mencionar como a correta gestão destes resíduos deve ser realizada, por meio de tratamentos prévios, com a finalidade da redução de sua toxicidade, visto que sua destinação incorreta pode ocasionar sérios danos ao meio ambiente, contaminando assim as águas, solos e os seres vivos. E somente a partir desses resíduos tratados, estes podem ser aproveitados no próprio processo do setor sucroalcooleiro como para outros fins, podendo ser mencionados a agricultura e pecuária. Portanto, o objetivo foi abordar a gestão, classificação, tratamento, aproveitamento e formas de aplicação dos resíduos da indústria sucroalcooleira, com a finalidade de reduzir os impactos ambientais e contribuir para uma produção mais limpa.

PALAVRAS-CHAVE: Sacharum officinarum, setor sucroalcooleiro, meio ambiente.

TREATMENT AND UTILIZATION OF WASTES FROM SUGAR CANE PROCESSING AIMED AT REDUCING ENVIRONMENTAL IMPACTS

ABSTRACT: This review search to characterize the wastes from the processing of sugarcane (Sacharum officinarum L.), which is produced on a large scale in brazilian agricultural fields. Furthermore, mention how the proper management of wastes have be perform by means of prior treatment, with the purpose of reducing its toxicity, since its incorrect allocation can cause serious damage to the environment, thereby contaminating the waters, soils and living beings. Only from these wastes, these can be availed in the very process of this sector as for other purposes and may be refer to the agriculture and livestock. Therefore, the aim was to approach the management, classification, treatment, recovery and application forms of waste from the sugar industry, in order to reduce environmental impacts and contribute to cleaner production.

KEY WORDS: Sacharum officinarum, sugar cane sector, environment.

INTRODUÇÃO

A agricultura vem melhorando seu desempenho em termos de produção e produtividade nos últimos períodos. Ao considerarmos somente a produção de grãos tivemos avanços significativos ano após ano. Partimos de 76 milhões de toneladas de grãos produzidos na safra 93/94, para uma estimativa de 210 milhões de toneladas produzidas na safra

2015/2016 (Conab, 2015). O aumento da área cultivada, aliada aos avanços tecnológicos, com a inserção de novas variedades, insumos, produtos, tecnologias de plantio e colheita, tem contribuído significativamente para que o Brasil se destaque cada vez mais no cenário mundial como um dos principais produtores de alimentos. É preciso considerar que em alguns locais do estado brasileiro, produtores ainda se valem somente da fertilidade natural do solo, contando com a inserção mínima de fertilizantes e pesticidas sintéticos, abdicando de modernas tecnologias em função dos seus altos custos.

Diante disso, o setor sucroalcooleiro atual é herdeiro de uma tradição secular proveniente do auge do ciclo da cana-de-açúcar no Brasil-colônia a partir do século XVI. A planta, de origem asiática, encontrou nos solos brasileiros potencial para a base de uma cadeia produtiva importante, condicionando os rumos da exploração econômica nos períodos coloniais. Já em fins do século XX, a cana-de-açúcar volta a ter relevância econômica ao fundamentar um novo setor industrial, baseado em uma diversidade de produtos. A evolução tecnoprodutiva permitiu ao setor, ainda na década de 1980, produzir o álcool combustível em escalas industriais, graças a iniciativas como o Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool) (Pacheco e Hoff, 2013).

No setor sucroalcooleiro, a cana de açúcar, que durante 4 séculos deu origem basicamente a sub produtos como açúcar mascavo e refinado, passa a dar origem também ao álcool (anidro e hidratado), vinhaça, bagaço, levedura, entre outros (Bonan e Kuhn, 2012). As mudanças no modelo de produção canavieira, trouxeram consigo muitos avanços no que diz respeito a eficácia produtiva do setor, porém, junto a isso, vieram também problemas relacionados a alta geração de resíduos agroindustriais, considerados também por alguns autores como, sub produto, conforme já observado anteriormente. Estes sub produtos ou resíduos mencionados, podem causar grande impacto ao ambiente quando não dado destino correto. Porém, quando tratados e proporcionado os devidos cuidados se tornam componentes úteis na produção, no aumento da produtividade contribuindo por vezes, na minimização dos impactos ambientais.

Dentre os resíduos gerados pela indústria sucroalcooleira, destacam-se a água de lavagem da cana-de-açúcar, o bagaço, as cinzas de caldeira, a torta de filtro e a vinhaça. Desta forma, o objetivo desta revisão foi abordar a gestão, classificação, tratamento, aproveitamento e formas de aplicação de resíduos da indústria sucroalcooleira, com a finalidade de reduzir os impactos ambientais e contribuir para uma produção mais limpa.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Sacharum officinarum* L.) é originária da Ásia, apresentando um bom desenvolvimento em regiões quentes com alta incidência de radiação solar e umidade relativa adequada (Freitas e Ferreira, 2006).

É uma das principais culturas da economia brasileira devido a produção de açúcar e etanol (Mapa, 2015). No Brasil, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2015), a área cultivada com cana-de-açúcar na safra 2015/16 será em torno de 9.057,2 mil hectares. O estado de São Paulo se destaca como sendo o maior produtor, com 51,3% (4.648,2 mil hectares), seguido por Goiás com 10% (908 mil hectares), Minas Gerais com 9% (817,7 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 7,9% (713,7 mil hectares), Paraná com 6,8% (613,4 mil hectares), Alagoas com 4,2% (380,3 mil hectares), Pernambuco com 3% (273,4 mil hectares) e Mato Grosso com 2,5% (230,3 mil hectares). Estes estados são responsáveis por 94,8% da produção nacional, sendo o restante, composta por 14 estados, os quais compreendem áreas menores, totalizando 5,2% da área total do país.

A produção total destinada à indústria na safra 2014/15 foi de 634,77 milhões de toneladas, com uma estimativa de 4,5% de acréscimo na safra 2015/16. No estado do Paraná, a produção deve alcançar 45,71 milhões de toneladas nesta safra (Conab, 2015).

Gestão e classificação de resíduos na indústria sucroalcooleira

Os sistemas de produção dos setores primário, secundário e terciário geram uma grande quantidade de resíduos diariamente, podendo impactar gravemente o meio ambiente, a curto, médio e longo prazo, exigindo por vezes, processos complexos e de alto valor investido para serem depositados ou reaproveitados (Claudino e Talamini, 2013).

Com o auxílio de pesquisas e desenvolvimento é possível descobrir novas tecnologias que possibilitem a elaboração de sistemas e processos que visem a reutilização destes resíduos. É importante ainda mapear a cadeia produtiva, na qual a atividade se insere, levantando indicadores, para de fato garantir a sustentabilidade de uma produção mais limpa, conforme descrita na norma ISO 14001 (Albuquerque, 2009).

Além do mais, a Lei 12.305, de 02/08/2010 (BRASIL, 2015) que institui a política nacional de resíduos sólidos, classifica os resíduos quanto a sua origem e periculosidade. Conforme esta classificação, os resíduos provenientes do setor sucroalcooleiro são do tipo

industrial e perigosos. Apresentam ainda uma cadeia de produção longa, a partir da incursão de outras cadeias (Figura 1), sendo este um setor altamente impactante ao meio ambiente.

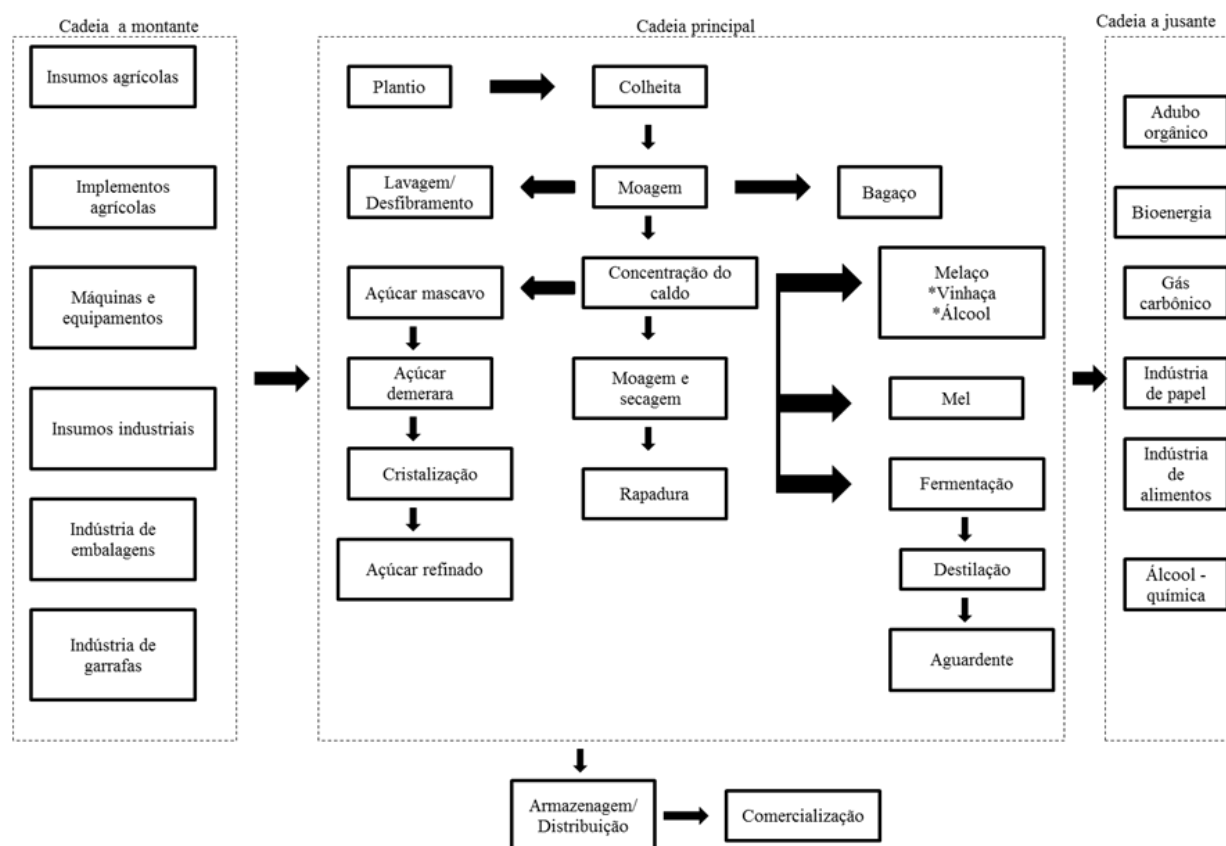


Figura 1 - Cadeia produtiva da indústria sucroalcooleira, adaptado de Sebrae (2008).

De acordo com Gonçalves Filho et al. (2015), possui alta dependência dos recursos naturais, necessitando de total atenção, pois, o esgotamento ambiental é relevante no que diz respeito a sua capacidade produtiva. Além da alta extração de recursos naturais utilizados na produção, a indústria sucroalcooleira muitas vezes, por não encontrar viabilidade econômica, acaba descartando seus resíduos não lhes dando destino correto.

Por causa disso, o processo de gestão desses resíduos é necessário, visando a diminuição dos custos de produção, a melhora da imagem da empresa e suas perspectivas de negócios e, principalmente, a redução dos riscos de danos ambientais (Nogueira e Garcia, 2013).

Dentre os procedimentos da gestão, o tratamento destes resíduos é de extrema importância, visto que a indústria sucroalcooleira gera um grande volume destes durante o processamento da cana-de-açúcar, podendo ser citados a água utilizada durante os processos, o bagaço, as palhas, as cinzas de caldeira, a vinhaça e a torta de filtro (Bertoncini, 2014).

A disposição destes materiais gerados somente poderá ocorrer após estes sofrerem o devido tratamento e estarem enquadrados em padrões estabelecidos pela legislação ambiental, minimizando riscos, evitando futuros danos ambientais, não configurando assim, um simples ato de descarte por parte de quem os gera (Pellizer et al., 2007).

Água resultante do setor sucroalcooleiro

A água é um recurso exigido em grande demanda no processamento da cana-de-açúcar, e desta forma, as indústrias procuram reutilizar este líquido precioso. A etapa de lavagem deste material apresenta a maior taxa de consumo da água (Paschoalato et al., 2011), tornando-se um efluente poluído no final do processo, por causa da sua elevada carga orgânica e turbidez. Devido a isso, são necessários a utilização de tratamentos para seu posterior reuso, podendo minimizar o seu desperdício e o risco de ameaça à qualidade dos mananciais (Gonçalves et al., 2008).

Segundo Paschoalato et al. (2011), os tratamentos empregados diferem nos sistemas abertos e fechados ou semi-fechados. No primeiro, onde o reciclo das águas não é realizado, o descarte se dá nos corpos d'água após serem tratados em lagoas anaeróbias facultativas por meio de processos biológicos. Já em sistemas fechados ou semi-fechados, a água permanece primeiramente em caixas para a remoção da areia seguindo para lagoas de sedimentação, tendo como finalidade a retirada dos sólidos, retornando posteriormente para locais adequados, onde é reutilizada. As indústrias atualmente utilizam a sedimentação natural com adição de cal para a correção do pH da água.

Com a remoção destes sólidos, a água oriunda da lavagem da cana-de-açúcar pode ser aplicada na lavoura por meio da fertirrigação, juntamente com outro resíduo, a vinhaça, complementando a adubação química, incrementando desta forma a produtividade e diminuindo os riscos de poluição ambiental. Esse sistema já é aplicado por usinas dos estados de São Paulo e Goiás (Freitas e Ferreira, 2006).

Outro tratamento da água que pode ser realizado, se dá através da floculação com sulfato de alumínio e soda cáustica, seguida por amenização com resina especial, e regulação do pH, para a posterior utilização na produção de vapor nas caldeiras (Gonçalves et al., 2008).

Além destes, de acordo com os mesmos autores, o tratamento da água utilizada para o resfriamento nas usinas é totalmente reutilizada. Neste processo, a água que sai aquecida da usina é resfriada em sistemas de troca de calor com o ar, por aspersão e descanso. Porém, devido às perdas por evaporação e vazamentos, esse circuito necessita ser constantemente realimentado.

Bagaço da cana-de-açúcar

O bagaço da cana-de-açúcar deve ser tratado por meio de processos físicos ou químicos, antes de ser descartado ou reutilizado para outros fins. Dentre os tratamentos físicos, a moagem e o tratamento térmico são os mais utilizados, enquanto que a ureia, a amônia anidra e o hidróxido de sódio são produtos químicos que visam o aumento dos compostos nitrogenados, uma vez que este resíduo apresenta baixa qualidade pelo elevado teor fibroso (Pires et al., 2006).

Carvalho et al. (2006) por meio da adição de ureia na dose mínima de 2,62%, ao bagaço da cana-de-açúcar, promoveu uma melhoria do seu valor nutritivo, proporcionando uma redução no conteúdo de fibras e aumento da digestibilidade da matéria seca, quando ministrado aos bovinos. Do mesmo modo, o bagaço submetido à doses crescentes de hidróxido de sódio, promoveu uma diminuição das fibras, lignina e hemicelulose presente nas paredes celulares, aumentando assim, seu valor nutricional (Pires et al., 2006).

Este resíduo, portanto, pode ser utilizado como fonte de alimento para animais, e em trabalhos realizados por Silva et al. (2015), a incorporação do bagaço na dieta dos ovinos contendo 80% de concentrado, proporcionou um aumento no consumo de nutrientes por parte dos animais, principalmente de energia, sem causar prejuízos para a sua saúde.

Além disso, o reaproveitado dentro da própria indústria sucroalcooleira através da utilização para suprimento de vapor na geração de energia também vem sendo utilizado. Pois, durante o processamento da cana-de-açúcar há a necessidade de três tipos de energias, tendo como consequência uma maior demanda da mesma. O processo de cogeração permite então, a geração das três formas de energia, pela queima do bagaço em caldeiras de alta pressão, havendo ainda a estimativa de que para cada tonelada de cana processada são gerados 33 kWh (Pacheco e Hoof, 2013).

A eutrofização de corpos de água também podem ser beneficiadas por meio da utilização deste resíduo, visto que esses ambientes apresentam grandes quantidades de nutrientes como o nitrato. Em um estudo realizado por Schwantes et al. (2015), o bagaço da cana-de-açúcar foi processado, deixado na forma de carvão ativado e utilizado na adsorção de nitrato, sendo que os resultados obtidos confirmaram que o bagaço transformado possui a capacidade de remover elevadas porcentagens de nitrato do solo.

Palhada da cana-de-açúcar

O processo da colheita da cultura da cana-de-açúcar é um fator primordial para a produção e longevidade da cultura, pois além dos atributos físicos, químicos e biológicos do

solo, o meio ambiente e a saúde pública podem ser impactados de acordo com o processo de colheita a ser adotado. A sua colheita mecanizada, utilizada com sucesso em alguns estados brasileiros, além de evitar a queima da palha, onde ocorre a destruição da fauna e da flora do solo, tem como fator relevante a redução no processo erosivo da lavoura. No momento da colheita, os colmos são cortados em pedaços e acondicionados em caminhões próprios para o transporte. Os resíduos como folhas, bainhas e ponteiros são triturados durante a colheita e lançados sobre a superfície do solo, contribuindo na formação de palhada, material com grande relevância no sistema de plantio direto (Cunha et al., 2015).

Esta palhada também pode receber tratamentos semelhantes ao bagaço, a fim de se ter uma redução do tamanho das partículas, visto que os tecidos vegetais de ambos apresentam a mesma composição química, porém, em quantidades diferentes de celulose, hemicelulose e lignina (Santos et al., 2012).

Cinzas

As cinzas, resultantes da queima do bagaço e das palhas para a geração de energia elétrica, recebem tratamentos de fácil execução e baixo custo. Em algumas indústrias torna-se necessário a realização de peneiramento das cinzas quando ainda restam fragmentos de bagaço mal queimados, no entanto, em usinas que possuam equipamentos mais sofisticados, o bagaço é totalmente incinerado, dispensando o peneiramento. Após esta etapa, as cinzas são moídas para que os grãos permaneçam com o mesmo tamanho, sendo então, destinados ao local adequado (Sales e Lima, 2010).

Muitas vezes são descartadas em aterros ou reaproveitadas para outros fins, como na produção de concreto, devido a conterem uma grande quantidade de sílica, trazendo desta forma efeitos positivos, uma vez que reduz os problemas que estão associados à sua deposição no meio ambiente (Cordeiro et al., 2008).

No trabalho realizado por Lima et al. (2011), foi possível constatar que a cinza do bagaço da cana-de-açúcar pode ser utilizada como material, substituindo parcialmente o agregado miúdo (cerca de 30% a 50% de substituição) na produção de artefatos de concreto para infraestrutura urbana.

Vinhaça

A vinhaça é um subproduto dos processos de fermentação e destilação do álcool, sendo considerado como o principal resíduo produzido pela indústria sucroalcooleira, não devido ao grande volume gerado, mas, sobretudo pelo seu alto potencial poluidor (Szymanski

et al., 2010), podendo vir a causar poluição das águas superficiais ou subterrâneas e promover uma salinização dos solos. Isso se deve ao fato da vinhaça apresentar alta taxa de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) com ação redutora elevada ao ser descartada na usina, necessitando desta forma, de alta taxa de oxigênio para sua estabilização. Além disso, por apresentar características corrosivas e ácidas, com pH em torno de 4,0, temperaturas entre 80 e 90 °C, turbidez elevada e coloração escura, requer um tratamento prévio antes do seu transporte (Szmrecsányi et al., 2008; Machado e Freire, 2009).

Dentre os métodos disponíveis, a biodigestão anaeróbia é uma alternativa para diminuir o poder poluidor da vinhaça, reduzindo desta forma sua DBO, gerando produtos como o dióxido de carbono e o metano, um gás com odor desagradável (Laime et al., 2011). O reator do tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), denominado de reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo, é o mais utilizado nas indústrias sucroalcooleiras (Higa et al., 2014). Em trabalhos realizados por Machado e Freire (2009), o tratamento da vinhaça bruta por meio deste método, sem qualquer alteração no pH ou carga orgânica antes de ser submetida ao procedimento, promoveu uma diminuição em relação à primeira e terceira fases, de 55.000 para 1.000 mg L⁻¹ na demanda química de oxigênio (DQO), respectivamente.

Araújo et al. (2014) propuseram uma nova forma de tratamento deste resíduo, por meio de um reator membrana fotocatalítico, composto por um pré-tratamento com carvão ativado, com a finalidade de adsorção das substâncias coloidais e em suspensão, tanto de natureza orgânica quanto aquelas que produzem cor, com posterior adição de policloreto de alumínio. Após decantação das impurezas contidas na vinhaça, esta foi filtrada por uma membrana composta de dióxido de silício e de titânio (SiO₂/TiO₂) com utilização de radiação ultravioleta. Os resultados demonstraram que houve uma redução de 68,68% na DQO das amostras submetidas a este procedimento em relação à vinhaça bruta.

Com relação à sua coloração escura, estudos realizados por Silva et al. (2015) demonstraram que a utilização do fungo *Pleurotus eryngii* promoveu a descoloração da vinhaça contida em meios de cultura, nas concentrações de 9 e 18%. Acima dessas concentrações, o crescimento do fungo foi inibido, provavelmente devido à toxicidade da vinhaça.

Dentre as formas de aplicação deste resíduo, a fertirrigação torna-se uma alternativa sustentável e economicamente viável para sua aplicação na própria cultura da cana-de-açúcar (Silva et al., 2015). De acordo com Pacheco e Hoof (2013), o processamento de uma tonelada de cana gera 800 a 1000 litros de vinhaça, os quais voltam para o canavial no processo de

fertirrigação, e ainda, em usinas mais complexas contendo biorrefinarias, parte deste resíduo alimenta processos de biodigestão, gerando energia elétrica.

Para voltar ao campo na forma de fertirrigação a vinhaça recebe a adição de outro resíduo da cana, que é a torta de filtro o qual apresenta em sua composição fósforo orgânico e sua liberação, bem como, a do nitrogênio, ocorre de forma gradativa pela mineralização e pelos microrganismos no solo (Santos et al., 2011). A adição de vinhaça ao solo, promove incremento no crescimento de microrganismos que geralmente estão limitados pelo suprimento de material energético, o que afeta de forma principal microrganismos fixadores de nitrogênio (Santos et al., 2009).

Andreotti et al. (2015), constataram que a aplicação de diferentes doses de vinhaça sobre o palhiço da cana-de-açúcar reduziu 20,9% da quantidade remanescente da colheita, após um período de 12 meses de aplicação. Além disso, as doses de vinhaça e o tempo de decomposição podem influenciar na ciclagem de nutrientes no solo, incrementando a produtividade de colmos de cana sem interferir na sua qualidade.

Torta de filtro

A torta de filtro é um resíduo proveniente do processo de tratamento do caldo, sendo composto de uma mistura do bagaço moído e lodo de decantação (Santos et al., 2011). De acordo com Avalhães e Prado (2009) este resíduo deve ser tratado para melhorar suas características, e a compostagem surge como uma alternativa para o tratamento de resíduos agroindustriais, reciclando a matéria orgânica e transformando-a na forma de fertilizante orgânico. Este por fim, pode ser incorporado nos solos, juntamente com a vinhaça tratada, sem gerar impactos ambientais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos relacionados ao aproveitamento e redução dos resíduos gerados pela indústria sucroalcooleira se fazem necessários, principalmente quanto ao reuso de um dos principais insumos desta indústria, a água. Com qualidade e quantidades no uso comprometidas em diversas regiões do Brasil, principalmente em períodos de estiagem, o reaproveitamento da água é fator preponderante na indústria, mesmo quando necessário o uso e aplicação de técnicas onerosas ao seu tratamento e reaproveitamento.

Grande parte dos resíduos gerados pela indústria sucroalcooleira, já estão sendo empregados de maneira a beneficiar a própria, reduzindo os impactos causados, já que a

demanda pelos produtos desta indústria tem aumentado com o decorrer do tempo. Como demonstrado, formas de aproveitamento estão contribuindo para a redução dos impactos, como o aproveitamento das águas utilizadas no processamento da cana, o uso do bagaço na alimentação de animais e produção de energia, e ainda o uso da vinhaça e da torta de filtro na fertirrigação. Entretanto, ainda há a necessidade de realização de estudos sobre alguns destes resíduos buscando-se formas de aproveitamento após o uso de tratamentos adequados.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. L. (Org.). **Gestão ambiental e responsabilidade social: conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Atlas, 2009.

ANDREOTTI, M.; SORIA, J. E.; COSTA, N. R.; GAMEIRO, R. A.; REBONATTI, M. D. Acúmulo de nutrientes e decomposição do palhiço de cana em função de doses de vinhaça. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.31, n.2, p.563-576, 2015.

ARAÚJO, D.M.; CARLOS, R.S.; NASCIMENTO, M.R.; ARMOA, M.H. MEYER, W.R. Remediação de vinhaça por fotocatalise membranar. **Revista de Ciência & Tecnologia**, Jaboticabal, v.6, suplemento, p.134-138, 2014.

AVALHÃES, C.C.; PRADO, R.M. Compostagem de resíduos da indústria sucroalcooleira enriquecidos com fontes alternativas de fósforo. **Nucleus**, Ituverava, v.6, n.1, p.271-284, 2009.

BERTONCINI, E.I. Tratamento, uso e impacto de resíduos urbanos e agroindustriais na agricultura. **Pesquisa & Tecnologia**, v.11, n.1, p.1-5, 2014.

BONAN, P. KUHN S. L. Mapeamento da produção da cana-de-açúcar no Brasil, com ênfase no Estado do Paraná e na sua Região Noroeste. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.1, p.122-147, 2012

BRASIL. **Lei Nº 12.305, DE 02 DE AGOSTO DE 2010**, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 01 nov. 2015.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; MAGALHÃES, A.F.; FREIRE, M.A.L.; SILVA, F.F.; SILVA, R.R.; CARVALHO, B.M.A. Valor nutritivo do bagaço da cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de ureia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p.125-132, 2006.

CLAUDINO E.S., TALAMINI E. Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada ao agronegócio - Uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.1, p.77-85, 2013.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Cana-de-açúcar. Segundo levantamento Safra 2015/16**. CONAB, 2015. Disponível em:

'http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_51_14_boletim_cana_p_ortugues_-_2o_lev_-_15-16.pdf'. Acesso em: 20 out. 2015.

CORDEIRO, G.C.; TOLEDO FILHO, R.D.; TAVARES, L.M.; FAIRBAIRN E.M.R. Pozzolanic activity and filler effect of sugar cane bagasse ash in Portland cement and lime mortars. **Cement & Concrete Composites**, Barking, v.30, p.410-418, 2008.

CUNHA, A.; TERRA, W.; CARDOSO, L.; ERTHAL JUNIOR, M. Seleção de método de colheita de cana-de açúcar na região norte-fluminense por meio de auxílio multicritério a decisão. **INOVAE - Journal of Engineering and Technology Innovation**, São Paulo, v.3, n.1, p.21-38, 2015.

FREITAS, G.L; FERREIRA, O.M. **Uso da água no processo de produção de álcool: estudo de caso**. 2006. Disponível em: '<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/USO%20DA%20%C3%81GUA%20NO%20PROCESSO%20DE%20PRODU%20%C3%87%C3%83O%20DE%20%C3%81LCOOL.pdf>'. Acesso em: 13 nov. 2015.

GONÇALES FILHO, M.; BARROS, M. J.; CAMPOS, F. C. **Sustentabilidade no processo de recepção a cana de açúcar em usina sucroalcooleira. 5th International Workshop: Advances in Cleaner Production**. Universidade Paulista, São Paulo, Brasil, 2015. Disponível em: 'http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/files/sessoes/4B/3/goncales_filho_et_al_academic.pdf'. Acesso em: 30 out. 2015.

GONÇALVES, D.B.; FERRAZ, J.M.G.; SZMRECSÁNYI, T. Agroindústria e meio-ambiente. In: ALVES, F.; FERRAZ, J.M.G.; PINTO, L.F.G; SZMRECSÁNYI, T. **Certificação socioambiental para a agricultura: desafios para o setor sucroalcooleiro**. Piracicaba: Imaflora; São Carlos: EdUFSCar, 2008. 300 p.

HIGA, M.; CALDERANI, D.A.; LOPES, K.S. Produção de energia elétrica produzida a partir da biodigestão da vinhaça de cana-de-açúcar – estudo de caso. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.6, n.1, p.83-91, 2014.

LAIME, E.M.O.; FERNANDES, P.D.; OLIVEIRA, D.C.S.; FREIRE, E.A. Possibilidades tecnológicas para a destinação da vinhaça: uma revisão. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.5, n.3, p.16-29, 2011.

LIMA, S.A.; SALES, A.; ALMEIDA, F.C.R.; MORETTI, J.P.; PORTELLA, K.F. Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.11, n.2, p.201-212, 2011.

MACHADO, O.J.; FREIRE, F.B. Tratamento de vinhaça em reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB). **Olam – Ciência & Tecnologia**, Rio Claro, n.2, p.170-188, 2009.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Cana-de-açúcar**. Brasil 2015. Disponível em: <<http://agricultura.gov.br/vegetal/culturas/trigo>>. 30 out. 2015.

NOGUEIRA, M.A.F.S.; GARCIA, M.S. Gestão dos resíduos do setor industrial sucroenergético: estudo de caso de uma usina no município de Rio Brillhante, Mato Grosso do Sul. **Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**, v.17, n.17, p.3275-3283, 2013.

PACHECO, J.M.; HOFF, D.N. Fechamento de ciclo de matéria e energia no setor sucroalcooleiro. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v.4, n.2, p.215-236, 2013.

PASCHOALATO, C.F.P.R.; RODRIGUES JÚNIOR, N.M.; SILVA, B.M.; BORGES, L.B.; MELLO, T.P.S.; LOPES, C.S.G. Tratamento de água de lavagem de cana de açúcar por coagulação, floculação e sedimentação. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, v.4, n.2, p.1-13, 2011.

PELIZER L.H., PONTIERI, M.H., MORAES I. O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, v.2, n.1, p.118-127, 2007.

PIRES, A.J.V.; RIES, R.A.; CARVALHO, G.G.P.; SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.953-957, 2006.

SALES, A.; LIMA, S.A. Use of Brazilian sugarcane bagasse ash in concrete as sand replacement. **Waste Management**, Oxford, v.30, n.6, p.1114-1122, 2010.

SANTOS, T.M.C.; SANTOS, M.A.L., SANTOS, C.G.; SANTOS, V.R.; PACHECO, D.S. Fertirrigação com vinhaça e seus efeitos sobre evolução e liberação de CO₂ no solo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.1, p.141-145, 2009.

SANTOS, D.H.; SILVA, M.A.; TIRITAN, C.S.; FOLONI, J.S.S.; ECHER, F.R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.5, p.443-449, 2011.

SANTOS, F.A.; QUEIRÓZ, J.H.; COLODETTE, J.L.; FERNANDES, S.A.; GUIMARÃES, V.M.; REZENDE, S.T. Potencial da palha da cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, São Paulo, v.35, n.5, p.1004-1010, 2012.

SCHWANTES, D.; GONÇALVES JR., A.C.; SCHONS, D.C.; VEIGA, T.G.; DIEL, R.C.; SCHWANTES, V. Nitrate adsorption using sugar cane bagasse physicochemically changed. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**, v.4, n.1, p. 51-59, 2015.

SEBRAE. **Cadeia produtiva da indústria sucroalcooleira**. Cenários econômicos e estudos setoriais. Recife, 2008.

SILVA, L.M.; SILVA, A.E.; OLIVEIRA, M.T.; REIS, M.F. Avaliação inicial do potencial de *Pleurotus eryngii* (DC.: Fr.) Quél. na biorremediação de vinhaça. **SaBios: Revista de Saúde e Biologia**, v.10, n.2, p.14-20, 2015.

SZMRECSÁNYI, T.; RAMOS, P.; RAMOS FILHO, L.O.; VEIGA FILHO, A.A. **Dimensões, riscos e desafios da atual expansão canavieira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 150 p.

SZYMANSKI, M.S.E.; BALBINOT, R.; SCHIRMER, W.N. Biodigestão anaeróbia da vinhaça: aproveitamento energético do biogás e obtenção de créditos de carbono – estudo de caso. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.4, p.901-912, 2010.